

December 1, 2004

DECLARATION

The undersigned, Dana Scruggs, having an office at 8902B Otis Avenue, Suite 204B, Indianapolis, Indiana 46216, hereby states that she is well acquainted with both the English and German languages and that the attached is a true translation to the best of her knowledge and ability of PCT/DE 03/01686 (INV.: SCMIDT, D., ET AL).

The undersigned further declares that the above statement is true; and further, that this statement was made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under Section 1001 of Title 18 of the United States Code and that such willful false statements may jeopardize the validity of the application or document or any patent resulting therefrom.



---

Dana Scruggs

514120

(12) NACH DEM VERTRÄG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
11. März 2004 (11.03.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/021037 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G01S 7/491  
 (72) Erfinder; und  
 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHMIDT, Dierk [DE/DE]; Im Waeldle 15, 70771 Leinfelden-Echterdingen (DE). STIERLE, Joerg [DE/DE]; Beethovenstrasse 36, 71111 Waldenbuch (DE). WOLF, Peter [DE/DE]; Sandweg 23, 70771 Leinfelden-Echterdingen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/001686  
 (22) Internationales Anmeldedatum: 26. Mai 2003 (26.05.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch  
 (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität: 102 39 448.2 28. August 2002 (28.08.2002) DE  
 (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

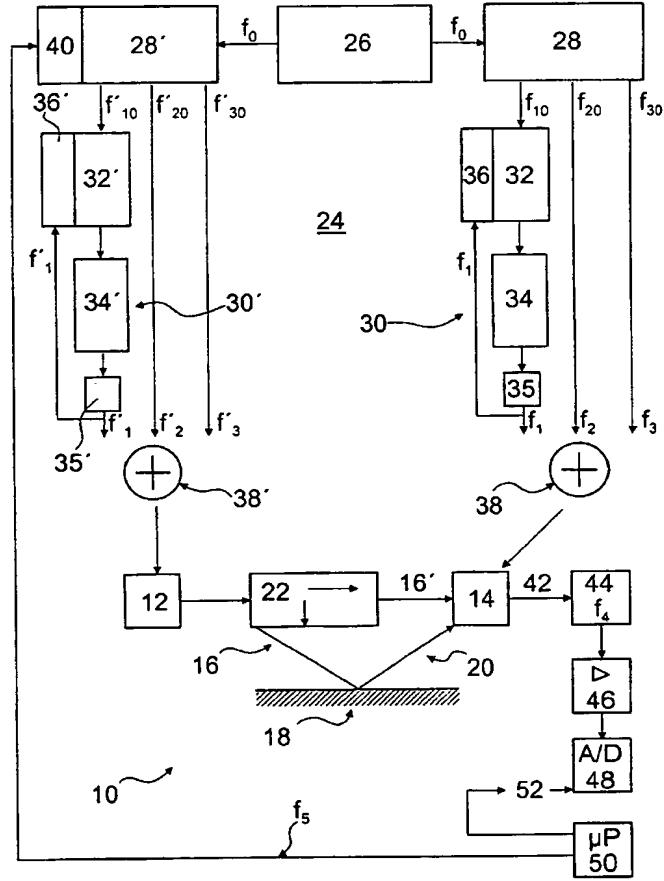
(74) Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).  
 (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, KR, US.  
 (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

Veröffentlicht:  
 — mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Titel: DISTANCE MEASURING DEVICE

(54) Bezeichnung: ENTFERNUNGSMESSGERÄT



(57) Abstract: The invention relates to a distance measuring device comprising at least one oscillator (2G) which produces a basic signal at a basic frequency (f<sub>0</sub>) and a first circuit device (30) which produces a first signal at a first frequency (f<sub>1</sub>) which is higher than that of the basic frequency (f<sub>0</sub>), wherein the first circuit device (30) comprises at least one PLL circuit (32) and a VCO circuit.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung geht aus von einem Entfernungsmessgerät mit zumindest einem Oszillator (2G) zur Erzeugung eines Grundsignals einer Grundfrequenz (f<sub>0</sub>) und einer ersten Schaltungsvorrichtung (30) zur Erzeugung eines ersten Signals mit einer gegenüber der Grundfrequenz (f<sub>0</sub>) erhöhten ersten Frequenz (f<sub>1</sub>), bei dem die erste Schaltungsvorrichtung (30) zumindest eine PLL-Schaltung (32) und eine VCO-Schaltung (34) aufweist.



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

0 Entfernungsmessgerät

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Entfernungsmessgerät nach  
5 dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Aus der DE 198 11 550 C2 ist ein gattungsbildendes Entfer-  
nungsmessgerät bekannt, bei dem aus einem einzigen Oszillatör  
durch Teilen und Herausfiltern von Oberfrequenzen mehrere  
0 Signale mit unterschiedlicher Frequenz erzeugt werden.

## Vorteile der Erfindung

5 Die Erfindung geht aus von einem Entfernungsmessgerät, insbe-  
sondere einem Laserentfernungsmessgerät, mit zumindest einem  
Oszillatör zur Erzeugung eines Grundsignals einer Grundfre-  
quenz und einer ersten Schaltungsvorrichtung zur Erzeugung  
eines ersten Signals mit einer gegenüber der Grundfrequenz  
0 erhöhten Frequenz. Es wird vorgeschlagen, dass die erste

Schaltungsvorrichtung erfindungsgemäß zumindest eine PLL- und eine VCO-Schaltung aufweist.

Ein Entfernungsmessgerät mit einer solchen Schaltungsvorrichtung bietet den Vorteil, dass die erste Frequenz des von der Schaltungsvorrichtung erzeugten ersten Signals deutlich höher liegen kann als die Frequenz eines für die Entfernungsmessung tauglichen Signals, das durch die Filterung einer Oberschwingung und Verstärkung gewonnen werden kann. Die Anforderungen an die Phasenauflösung zur Erreichung einer bestimmten Messgenauigkeit wird somit geringer, und es ist eine höhere Genauigkeit erreichbar. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass die erste Frequenz digital erzeugt werden kann und dass keine durch Filterelemente bedingte Messfrequenzvorgaben zu beachten sind. Die Erfindung bietet außerdem den Vorteil, dass die Schaltungsvorrichtung ohne Filterelemente samt zugehörigem Anpassnetzwerk und Verstärkerschaltungen auskommt. Hierdurch können Kosten gespart werden.

Eine PLL-Schaltung („Phase Locked Loop“ oder „Phasenbegrenzungskreis“) sowie eine VCO-Schaltung („Voltage Controlled Oszillator“ oder „Spannungsfrequenzumsetzer“) sind in der Elektronik hinreichend bekannt. Eine PLL-Schaltung vergleicht die Phasenlage zweier Signale und gibt eine von der Phasenlage abhängige Spannung aus. Eine VCO-Schaltung erzeugt ein Signal mit einer Frequenz, die von der in die VCO-Schaltung eingegebenen Spannung abhängig ist. Durch die Kombination einer PLL-Schaltung mit einer VCO-Schaltung ist somit eine Schaltungsvorrichtung erreichbar, mit der eine von der VCO-Schaltung erzeugte Ausgangsfrequenz mit hoher Genauigkeit an eine Grundfrequenz angeglichen werden kann. Es sind also sehr

hohe erste Frequenzen oder Ausgangsfrequenzen mit gleicher Stabilität wie die Grundfrequenz des Oszillators erreichbar, wobei Ausgangsfrequenzen über 1 GHZ möglich sind. Die gewünschte Ausgangsfrequenz der Schaltungsvorrichtung wird hierbei durch die Wahl einer geeigneten VCO-Schaltung erreicht, deren Ausgangsfrequenzbereich die gewünschte Frequenz umspannt.

Die Schaltungsvorrichtung kann direkt hinter dem Oszillator angeordnet sein, so dass der PLL-Schaltung das Grundsignal mit der Grundfrequenz zugeführt wird. Es ist jedoch auch möglich, eine oder mehrere das Grundsignal des Oszillators verändernde Schaltungen zwischen den Oszillator und die Schaltungsvorrichtung anzuordnen. So kann beispielsweise zwischen dem Oszillator und der Schaltungsvorrichtung ein Frequenzteiler angeordnet werden, der die vom Oszillator erzeugte Grundfrequenz in eine oder mehrere niedrigere Frequenzen aufteilt. Hierbei wird eine oder mehrere der niedrigeren Ausgangsfrequenzen des Frequenzteilers einer bzw. jeweils einer ersten Schaltungsvorrichtung zugeführt, die ein erstes Signal mit einer gegenüber der Grundfrequenz erhöhten ersten Frequenz erzeugt.

Zweckmäßigerweise weist die Schaltungsvorrichtung einen Frequenzteiler auf, der zur Teilung der ersten Frequenz vorgesehen ist. Hierdurch ist auf einfache Weise eine Frequenzmultiplikation möglich. Der Frequenzteiler dient zur Teilung der Ausgangsfrequenz der VCO-Schaltung, wobei das Ausgangssignal des Frequenzteilers in die PLL-Schaltung gegeben wird zum Vergleich mit dem Signal, das der PLL-Schaltung direkt oder indirekt vom Oszillator zugeführt wird. Der Frequenzteiler

teilt die Ausgangsfrequenz der VCO-Schaltung vorteilhafterweise auf die gleiche Frequenz herunter, die der PLL-Schaltung direkt oder indirekt vom Oszillator zugeführt wird.

5 Eine besonders einfache Schaltungsvorrichtung wird durch die Integration des Frequenzteilers in die PLL-Schaltung erreicht.

0 In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist die erste Schaltungsvorrichtung einen der VCO-Schaltung nachgeschalteten LC-Filter auf. Ein solcher LC-Filter umfasst eine Induktivität (L) und eine Kapazität (C) und dient zur Verbesserung der Signalqualität, wie beispielsweise durch das Herausfiltern von durch die Schaltungsvorrichtung erzeugten Oberschwingungen. Auf diese Weise wird ein im Wesentlichen sinusförmiges Ausgangssignal der ersten Schaltungsvorrichtung erreicht, das eine Phasenbestimmung mit hoher Genauigkeit in einem späteren Messprozess zulässt.

0 In weiterer Ausführungsform der Erfindung weist das Entfernungsmessgerät ein Phasenschiebeelement zur Erzeugung eines zweiten Signals aus dem Grundsignal auf, wobei das zweite Signal eine von der Grundfrequenz verschiedene zweite Frequenz aufweist und das zweite Signal durch Weiterschalten eines Eingangssignals zwischen diskreten Phasenlagen erzeugt wird und wobei dem Phasenschiebelement eine zweite Schaltungsvorrichtung mit einer PLL- und einer VCO-Schaltung zur Erzeugung eines dritten Signals mit einer gegenüber der zweiten Frequenz erhöhten dritten Frequenz nachgeschaltet ist.

0 Das zweite Signal kann unmittelbar oder mittelbar aus dem Grundsignal erzeugt werden. Es ist beispielsweise möglich,

zwischen dem Oszillatator und dem Phasenschiebeelement ein weiteres Element, wie beispielsweise einen Frequenzteiler, anzuordnen und das Ausgangssignal dieses weiteren Elements durch das Phasenschiebeelement zu bearbeiten. Mit der zweiten  
5 Schaltungsvorrichtung wird das zweite Signal direkt oder indirekt nach einem zwischengeschalteten Signalbearbeitungselement in der Weise bearbeitet, dass ein drittes Signal mit einer dritten und hohen Frequenz erzeugt wird. Es sind somit das erste Signal mit der ersten Frequenz und das dritte Signal mit der dritten Frequenz aus dem vom Oszillatator erzeugten Grundsignal abgeleitet, wodurch beide Signale auch ohne Nachregelung in einer stabilen Beziehung zueinander stehen. Hierdurch kann der Vorteil erreicht werden, dass das niederfrequente Mischprodukt aus dem ersten und dem dritten Signal ebenso stabil ist wie das Grundsignal des Oszillators und zwar  
5 völlig ohne Nachregelung. Es ist somit ein Frequenzfehler zwischen den einzelnen Signalen unterschiedlicher Frequenz ausgeschlossen, da diese alle gemeinsam auf ein Grundsignal des Oszillators zurückgehen.

Das Phasenschiebeelement erzeugt das zweite Signal beispielsweise durch synthetische, also rein digitale Frequenzverschiebung. Hierdurch werden auch nur geringe Frequenzabweichungen, die durch unterschiedliche Herkunft der Signale, beispielsweise aus mehreren Oszillatoren, bedingt sind, wirksam vermieden. Es lassen sich Frequenzpaare mit dicht benachbarten und außerdem sehr hohen Frequenzen erzielen, wobei unter dicht benachbart eine Frequenzdifferenz verstanden wird, die sich nicht durch Teilen aus einer Ausgangsfrequenz erzielen lässt.

- 6 -

Zweckmäßigerweise ist die erste und/oder zweite Schaltungs-  
vorrichtung zur Vervielfältigung ihrer Eingangsfrequenz um  
ein ungerades Vielfaches vorgesehen. Hierdurch kann eine ein-  
fache Auswertung der Phasen von Signalen mit gegeneinander  
5 verschobenen Frequenzen erreicht werden.

#### Zeichnung

0 Weitere Vorteile ergeben sich aus der folgenden Zeichnungsbe-  
schreibung. In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der  
Erfindung dargestellt. Die Zeichnung, die Beschreibung und  
die Ansprüche enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination.  
Der Fachmann wird die Merkmale zweckmäßigerweise auch einzeln  
5 betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammen-  
fassen.

Figur 1 zeigt eine schematische Prinzipdarstellung eines Ent-  
fernungsmeßgeräts, das als Laserentfernungsmeßgerät ausge-  
0 staltet ist. Jedes Signal, das nicht ständig auf einem  
Gleichspannungswert verharrt, wird im Folgenden als mit einer  
Frequenz  $f$  behaftet angesehen. Das Signal kann hierbei sinus-  
förmig, rechteckig oder nur für eine begrenzte Zeit sinusförmig  
5 bzw. rechteckig sein. Ist das Signal rechteckig, so tre-  
ten neben der Grundschwingungsfrequenz  $f$  noch weitere Fre-  
quenzen, so genannte Oberschwingungen auf. Die Theorie hierzu  
ist aus der Mathematik bekannt und soll hier nicht näher er-  
läutert werden.  
;  
Ist das Signal nur für eine begrenzte Zeit sinusförmig bzw.  
rechteckig, wie dies unter anderem bei Signalen der Fall ist,

welche in ihrer Phase in regelmäßiger zeitlicher Abfolge um einen konstanten Phasenwinkel verschoben werden, so wird das Signal ebenfalls als mit einer Frequenz  $f$  behaftet bezeichnet. Der Zahlenwert  $f$  bezeichnet in diesem Fall diejenige Frequenz im Frequenzspektrum, die mit der größten Amplitude auftritt. In diesem Fall können Frequenzen auftreten, die kein Vielfaches der Frequenz  $f$  sind. Solche Frequenzen werden im Folgenden ebenfalls als Oberschwingungen bezeichnet.

0 Figur 1 zeigt eine Prinzipdarstellung eines mit 10 bezeichneten Entfernungsmessgeräts. Dieses umfasst einen Lichtsender 12, beispielsweise eine Laserdiode, sowie einen Lichtempfänger 14, beispielsweise eine Photodiode. Mittels des Lichtsenders 12 wird ein kollimierter, sichtbarer Dauerstrichlaserstrahl als Sendesignal 16 erzeugt, das auf einem Objekt 18, im Folgenden auch Target genannt, sichtbar ist. Vom Objekt 18 wird das Sendesignal 16 nach den Gesetzen der Optik reflektiert und als Empfangssignal 20 von dem Lichtempfänger 14 empfangen. Dem Lichtempfänger 14 wird unmittelbar im Anschluss an die Targetmessung über einen optischen Umschalter 22, beispielsweise eine bewegliche Klappe, das Sendesignal 16 als Referenzsignal 16' zugeführt.

Zur Ansteuerung des Laserentfernungsmessgeräts 10 ist eine Schaltungsanordnung 24 vorgesehen. Diese umfasst einen Oszillator 26, der als Quarzoszillator ausgeführt ist. Der Oszillator 26 stellt eine Grundfrequenz  $f_0$  bereit, von der alle nachfolgend noch näher erläuterten Frequenzen für den Betrieb des Entfernungsmessgeräts 10 abgeleitet werden. Um den Eindeutigkeitsbereich der Entfernungsmessung mit dem Entfernungsmessgerät 10 zu erhöhen, wird das Gerät mit insgesamt

drei Modulationsfrequenzen für das Sendesignal 16 betrieben. Das Sendesignal 16 selbst ist in bekannter Weise amplitudenmoduliert. Folglich ist auch das Empfangssignal in gleicher Weise amplitudenmoduliert. Dadurch, dass der optische Umschalter 22 zu einem bekannten Zeitpunkt umgeschaltet wird, kann aufgrund der zeitlichen Abfolge eindeutig erkannt werden, ob das momentane optische Empfangssignal direkt vom optischen Umschalter 22 oder vom Objekt 18 herrührt.

0 Der Lichtempfänger 14 ist als bekannte Avalanche-Fotodiode ausgebildet und gestattet gleichzeitig das Mischen mehrerer Frequenzen. Der Aufbau und die Wirkungsweise einer derartigen Avalanche-Fotodiode sind bekannt, so dass im Rahmen der vorliegenden Beschreibung hierauf nicht näher eingegangen werden  
5 soll.

Dem Oszillator 26 ist ein erster umschaltbarer Frequenzteiler 28 zugeordnet, über den die vom Oszillator 26 bereitgestellte Frequenz  $f_0$  wahlweise auf eine Frequenz  $f_{10}$ , eine Frequenz  $f_{20}$  0 sowie eine Frequenz  $f_{30}$  herunter teilbar ist. Die Frequenzen  $f_{10}$ ,  $f_{20}$ ,  $f_{30}$  können dabei jeden durch Teilen der Grundfrequenz  $f_0$  erreichbaren Wert annehmen. Auch können mindestens zwei der Frequenzen identisch sein.

5 Dem Frequenzteiler 28 ist eine Schaltungsvorrichtung 30 nachgeschaltet, die aus dem Signal mit der Frequenz  $f_{10}$  ein erstes Signal mit einer gegenüber der Grundfrequenz  $f_0$  erhöhten ersten Frequenz  $f_1$  erzeugt. Die Schaltungsvorrichtung 30 umfasst eine PLL-Schaltung 32 und eine VCO-Schaltung 34. In die 0 PLL-Schaltung 32 ist ein Frequenzteiler 36 integriert. Die VCO-Schaltung 34 ist ein Voltage Controlled Oszillator (Span-

nungsfrequenzumsetzer) und ist zur Ausgabe eines Signals mit der Frequenz  $f_1$  oder mit einer Frequenz, die in einem Bereich um die Frequenz  $f_1$  herum liegt, ausgelegt. Der Frequenzteiler 36 ist dazu ausgelegt, ein Signal mit der Frequenz  $f_1$  herunter zu teilen auf ein Signal im Bereich der Frequenz  $f_{10}$ . Die PLL-Schaltung 32 ist eine Phase Lock Loop (Phasenbegrenzungskreis) und ist zum Phasenvergleich des vom Frequenzteiler 36 kommenden Signals mit dem von dem Frequenzteiler 28 kommenden Signal mit der Frequenz  $f_{10}$  vorgesehen.

Die Schaltungsvorrichtung 30 umfasst einen LC-Filter 35, der eine Induktivität und eine Kapazität aufweist. Der LC-Filter 35 filtert von der Schaltungsvorrichtung 30 erzeugte Oberschwingungen heraus und dient zur Verbesserung der Signalqualität.

Das erste Signal mit der Frequenz  $f_1$  sowie die beiden anderen von dem Frequenzteiler 28 ausgehenden Signale mit den Frequenzen  $f_2$  und  $f_3$  werden über ein Summierglied 38 auf den Lichtempfänger 14 gegeben. Hierbei entspricht die Frequenz  $f_2$ , der vom Frequenzteiler 28 ausgegebenen Frequenz  $f_{20}$  und die Frequenz  $f_3$  entspricht der Frequenz  $f_{30}$ . Es ist auch möglich, dass vom Frequenzteiler 28 ausgehende Signal mit der Frequenz  $f_{20}$  oder mit der Frequenz  $f_{30}$  über einen in Figur 1 nicht gezeigten Bandpassfilter und/oder einen ebenfalls nicht gezeigten Verstärker zu führen, so dass die Frequenz  $f_2$  oder die Frequenz  $f_3$  nicht unbedingt der Frequenz  $f_{20}$  bzw.  $f_{30}$  entsprechen muss. Es ist auch möglich, die Schaltungsvorrichtung 30 direkt dem Oszillatator 26 nachzuordnen, so dass das Grundsignal mit der Grundfrequenz  $f_0$  als Eingangssignal für die PLL-Schaltung 32 verwendet wird.

Dem Oszillator 26 ist ein zweiter umschaltbarer Frequenzteiler 28' zugeordnet. Der Frequenzteiler 28' umfasst eine digitale Schaltungsanordnung, die als Phasenschiebeelement 40 ausgestaltet ist. An die Ausgänge des Frequenzteilers 28' sind Signale mit den Frequenzen  $f'_{10}$ ,  $f'_{20}$  und  $f'_{30}$  legbar. Diese Frequenzen werden durch das Phasenschiebeelement 40 mit einer Frequenz  $f_5$  in ihrer Phase weitergeschaltet. Dadurch entsteht im Frequenzspektrum ein Gemisch aus mehreren Frequenzlinien. Es können mindestens zwei der Frequenzen  $f'_{10}$ ,  $f'_{20}$  und  $f'_{30}$  identisch sein.

Die Schaltungsvorrichtung 30' umfasst eine PLL-Schaltung 32' und eine VCO-Schaltung 34'. In die PLL-Schaltung 32' ist ein Frequenzteiler 36' integriert. Die VCO-Schaltung 34' ist zur Ausgabe eines Signals mit der Frequenz  $f'_1$  oder mit einer Frequenz, die in einem Bereich um die Frequenz  $f'_1$  herum liegt, ausgelegt. Der Frequenzteiler 36' ist dazu ausgelegt, ein Signal mit der Frequenz  $f'_1$  herunter zu teilen auf ein Signal im Bereich der Frequenz  $f'_{10}$ . Die PLL-Schaltung 32' ist zum Phasenvergleich des vom Frequenzteiler 36' kommenden Signals mit dem von dem Frequenzteiler 28' kommenden Signal mit der Frequenz  $f'_{10}$  vorgesehen. Jedes Mal, wenn das Phasenschiebeelement 40 die Phase des Signals mit der Frequenz  $f'_{10}$  etwas verschiebt, schwingt sich die PLL-Schaltung 32' in Verbindung mit der VCO-Schaltung 34' wieder ein, bis das vom Frequenzteiler 36' kommende Signal mit der Frequenz  $f'_{10}$  wieder die gleiche Phasenlage hat wie das vom Frequenzteiler 28' kommende Signal mit der Frequenz  $f'_{10}$ . In analoger Weise zur Schaltungsvorrichtung 30 umfasst die Schaltungsvorrichtung 30' ebenfalls einen LC-Filter 35', der eine Induktivität und eine Kapazität aufweist.

Der Lichtempfänger 14 wird in zeitlich hintereinander liegender Abfolge mit folgenden unter A aufgelisteten optischen Signalen und zu jedem optischen Signal gleichzeitig mit dem unter B genannten elektrischen Signal beaufschlagt:

## Liste A

Optische Signale:

Targetsignal 20 der Frequenz  
 $f'_1$ Targetsignal 20 der Frequenz  
 $f'_2$ Targetsignal 20 der Frequenz  
 $f'_3$ Referenzsignal 16' der Frequenz  
 $f'_1$ Referenzsignal 16' der Frequenz  
 $f'_2$ Referenzsignal 16' der Frequenz  
 $f'_3$ 

## Liste B

Zugehörige elektrische Signale:

Mischsignal der Frequenz  $f_1$ Mischsignal der Frequenz  $f_2$ Mischsignal der Frequenz  $f_3$ Mischsignal der Frequenz  $f_1$ Mischsignal der Frequenz  $f_2$ Mischsignal der Frequenz  $f_3$ .

Hierdurch erfolgt in bekannter Weise eine Transformation durch Mischen auf ein Auswertesignal 42. Dieses Auswertesignal 42 enthält die benötigte Grundinformation, nämlich den Phasenwinkel des Targetsignals 20 in Bezug auf einen A/D-Wandlertakt 52 einerseits und zeitlich nachfolgend den Phasenwinkel des Referenzsignals 16' in Bezug auf den A/D-Wandlertakt 52 andererseits. Durch Differenzbildung beider Phasenwinkel pro Messfrequenz fällt die Bezugsgröße heraus, da sie in allen nacheinander folgenden Messungen unverändert ist. Als Ergebnis ergibt sich ein Phasenwinkel pro Messfrequenz.

quenzpaar  $f'_1-f_1$ ,  $f'_2-f_2$  und  $f'_3-f_3$ , insgesamt also drei Phasenwinkel. Die kleinste Frequenz der Frequenzen  $f'_1$ ,  $f'_2$  und  $f'_3$  bestimmt den Eindeutigkeitsbereich der gesamten Entfernungsmessung. Die größte Frequenz der Frequenzen  $f'_1$ ,  $f'_2$  und  $f'_3$  bestimmt die maximal mögliche Messgenauigkeit bei gegebener Messzeit. Die zwischen größter und kleinster Frequenz liegende Frequenz aus  $f'_1$ ,  $f'_2$  und  $f'_3$  ist prinzipiell nicht erforderlich. Sie wird jedoch vorteilhaft verwendet, wenn die Messgenauigkeit der kleinsten Frequenz nicht ausreicht, um das Messergebnis der größten Frequenz in den jeweils korrekten Bereich einzuordnen. Letzteres ist notwendig, um Entfernungsmessungen, die größer als der Eindeutigkeitsbereich der höchsten Frequenz sind, messen zu können.

Die Frequenz  $f_3$  ist relativ klein gewählt, um einen langsamem A/D-Wandler mit hoher Auflösung einzusetzen. Das Auswertesignal 42 wird über einen Anti-Aliasing Filter 44, der einen Bandpassfilter für das Auswertesignal der Frequenz  $f_4$  bildet, geführt und von diesem in einen Verstärker 46 auf einen Analog-Digitalwandler 48 geleitet. Das gewandelte Auswertesignal 42 wird einem Mikroprozessor 50 zugeführt, der entsprechende Rechenwerke, Speicherwerke, Zählwerke usw. zur Bestimmung der Entfernung des Objekts 18 vom Entfernungsmessgerät 10 aufweist. Über den Mikroprozessor 50 wird gleichzeitig der A/D-Wandlertakt 52 zur Ansteuerung des Analog-Digitalwandlers 48 bereitgestellt. Ferner wird ein zu dem A/D-Wandlertakt 52 in zumindest teilweise festem Verhältnis stehendes Frequenzsignal  $f_5$  (Triggersignal) des Mikroprozessors 50 zur Verschiebung der Frequenzen  $f_{10}$ ,  $f_{20}$  und  $f_{30}$  zu den Frequenzen  $f'_{10}$ ,  $f'_{20}$  und  $f'_{30}$  ausgenutzt.

Im Ausführungsbeispiel wird angenommen, dass der Oszillator 26 ein Grundsignal mit der Grundfrequenz  $f_0 = 60$  MHz erzeugt. Der Frequenzteiler 28 teilt die Grundfrequenz  $f_0$  in die Frequenz  $f_{10} = 30$  MHz, die Frequenz  $f_{20} = 15$  MHz und die Frequenz  $f_{30} = 1,875$  MHz. Die Frequenzen  $f_{20}$  und  $f_{30}$  werden unverändert 5 als Frequenzen  $f_2 = 15$  MHz und  $f_3 = 1,875$  MHz auf das Summierglied 38 gegeben. Das Signal mit der Frequenz  $f_{10}$  wird in die PLL-Schaltung 32 eingegeben. Die Phasenlage dieses Signals wird mit der Phasenlage eines aus dem Frequenzteiler 36 stammenden Signals verglichen, wobei der Vergleich der Phasen der 0 beiden Signale in eine Ausgangsspannung der PLL-Schaltung 32 umgewandelt wird. Diese Spannung dient als Eingangsgröße für die VCO-Schaltung 34, die daraus ein Signal mit der Frequenz  $f_1 = 900$  MHz erzeugt. Das Signal mit der Frequenz  $f_1$  wird in 5 den Frequenzteiler 36 eingespeist, der die Frequenz  $f_1$  des Signals herunterteilt auf die Frequenz  $f_{10}$ . Durch den Phasenvergleich der beiden von den Frequenzteilern 28 und 36 stammenden Signalen mit der Frequenz  $f_{10}$  und der daraus resultierenden Ausgangsspannung der PLL-Schaltung 32 wird die VCO-Schaltung 34 so angesteuert, dass das von ihr ausgegebene 0 Signal mit der Frequenz  $f_1$  die gleiche Stabilität und Genauigkeit aufweist wie das Grundsignal mit der Grundfrequenz  $f_0$  des Oszillators 26.

Der zweite dem Oszillator 26 zugeordnete Frequenzteiler 28' teilt die Grundfrequenz  $f_0$  von 60 MHz in analoger Weise wie der Frequenzteiler 28 in Signale mit den Frequenzen  $f'_{10}$ ,  $f'_{20}$  und  $f'_{30}$  herunter, wobei die Frequenzen  $f'_{10}$ ,  $f'_{20}$  und  $f'_{30}$  gegenüber den Frequenzen  $f_{10}$ ,  $f_{20}$  und  $f_{30}$  um die Frequenz  $f_4$  digital verschoben sind. Die Frequenz  $f_4$  beträgt 2,929 kHz, so 5 dass die Frequenz  $f'_{10}$ , die in analoger Weise gewonnen wird 0

wie die Frequenz  $f_1$ , 899,997 MHz beträgt. Die Frequenz  $f'_2$  beträgt 29,997 MHz und die Frequenz  $f'_3$  beträgt 1,872 MHz. Sämtliche Frequenzen werden mit Hilfe des Triggersignals der Frequenz  $f_5$  des Mikroprozessors 50 digital erzeugt. Im Ausführungsbeispiel wird angenommen, dass das Triggersignal  $f_5$  bei der Frequenz  $f_1 = 900$  MHz und der Frequenz  $f_2 = 15$  MHz genau die 4-fache Frequenz von  $f_4$  aufweist. Bei jedem Takt des Triggersignals mit der Frequenz  $f_5 = 11,716$  kHz wird die Phase des Signals mit der Frequenz  $f_1$  bzw.  $f_2$  um  $90^\circ$  verschoben, so dass eine Verschiebung von  $360^\circ$  mit der Frequenz  $f_4 = 2,929$  kHz geschieht. Bei der Frequenz  $f_3 = 1,875$  MHz weist das Triggersignal  $f_5$  die 32-fache Frequenz von  $f_4$  auf. Die in diesem Ausführungsbeispiel erwähnten Frequenzen sind nur beispielhaft genannt. In weiteren Ausführungsbeispielen sind selbstverständlich auch andere Frequenzen möglich.

5

## Bezugszeichen

|     |                       |     |                      |
|-----|-----------------------|-----|----------------------|
| 10  | Entfernungsmessgerät  | 34' | VCO-Schaltung        |
| 12  | Lichtsender           | 35  | LC-Filter            |
| 14  | Lichtempfänger        | 35' | LC-Filter            |
| 16  | Sendesignal           | 36  | Frequenzteiler       |
| 16' | Referenzsignal        | 36' | Frequenzteiler       |
| 18  | Objekt                | 38  | Summierglied         |
| 20  | Empfangssignal        | 38' | Summierglied         |
| 22  | Umschalter            | 40  | Phasenschiebeelement |
| 24  | Schaltungsanordnung   | 42  | Auswertesignal       |
| 26  | Oszillator            | 44  | Anti-Aliasing-Filter |
| 28  | Frequenzteiler        | 46  | Verstärker           |
| 28' | Frequenzteiler        | 48  | A/D-Wandler          |
| 30  | Schaltungsvorrichtung | 50  | Mikroprozessor       |
| 30' | Schaltungsvorrichtung | 52  | A/D-Wandlertakt      |
| 32  | PLL-Schaltung         |     |                      |
| 32' | PLL-Schaltung         |     |                      |
| 34  | VCO-Schaltung         |     |                      |

0

5

### Ansprüche

- 0 1. Entfernungsmessgerät, insbesondere Laserentfernungsmess-  
gerät, mit zumindest einem Oszillatör (26) zur Erzeugung  
eines Grundsignals einer Grundfrequenz ( $f_0$ ) und einer  
ersten Schaltungsvorrichtung (30) zur Erzeugung eines  
ersten Signals mit einer gegenüber der Grundfrequenz ( $f_0$ )  
5 erhöhten ersten Frequenz ( $f_1$ ),  
dadurch gekennzeichnet, dass die erste Schaltungsvorrich-  
tung (30) zumindest eine PLL-Schaltung (32) und eine VCO-  
Schaltung (34) aufweist.
- 0 2. Entfernungsmessgerät nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass die erste Schaltungsvorrich-  
tung (30) einen der VCO-Schaltung (34) nachgeschalteten  
LC-Filter (35) aufweist.
- 5 3. Entfernungsmessgerät nach Anspruch 1 oder 2,  
gekennzeichnet durch einen in der PLL-Schaltung (32) in-  
tegrierten Frequenzteiler (36).

0

4. Entfernungsmessgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch ein Phasenschiebeelement (40) zur Erzeugung eines zweiten Signals aus dem Grundsignal mit einer von der Grundfrequenz ( $f_0$ ) verschiedenen zweiten Frequenz durch Weiterschalten eines Eingangssignals zwischen diskreten Phasenlagen, wobei dem Phasenschiebelement (40) eine zweite Schaltungsvorrichtung (30') mit einer PLL-Schaltung (32') und einer VCO-Schaltung (34') zur Erzeugung eines dritten Signals mit einer gegenüber der zweiten Frequenz erhöhten dritten Frequenz ( $f'_1$ ) nachgeschaltet ist.
5. Entfernungsmessgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltungsvorrichtung (30, 30') zur Vervielfältigung ihrer Eingangsfrequenz um ein ungerades Vielfaches vorgesehen ist.

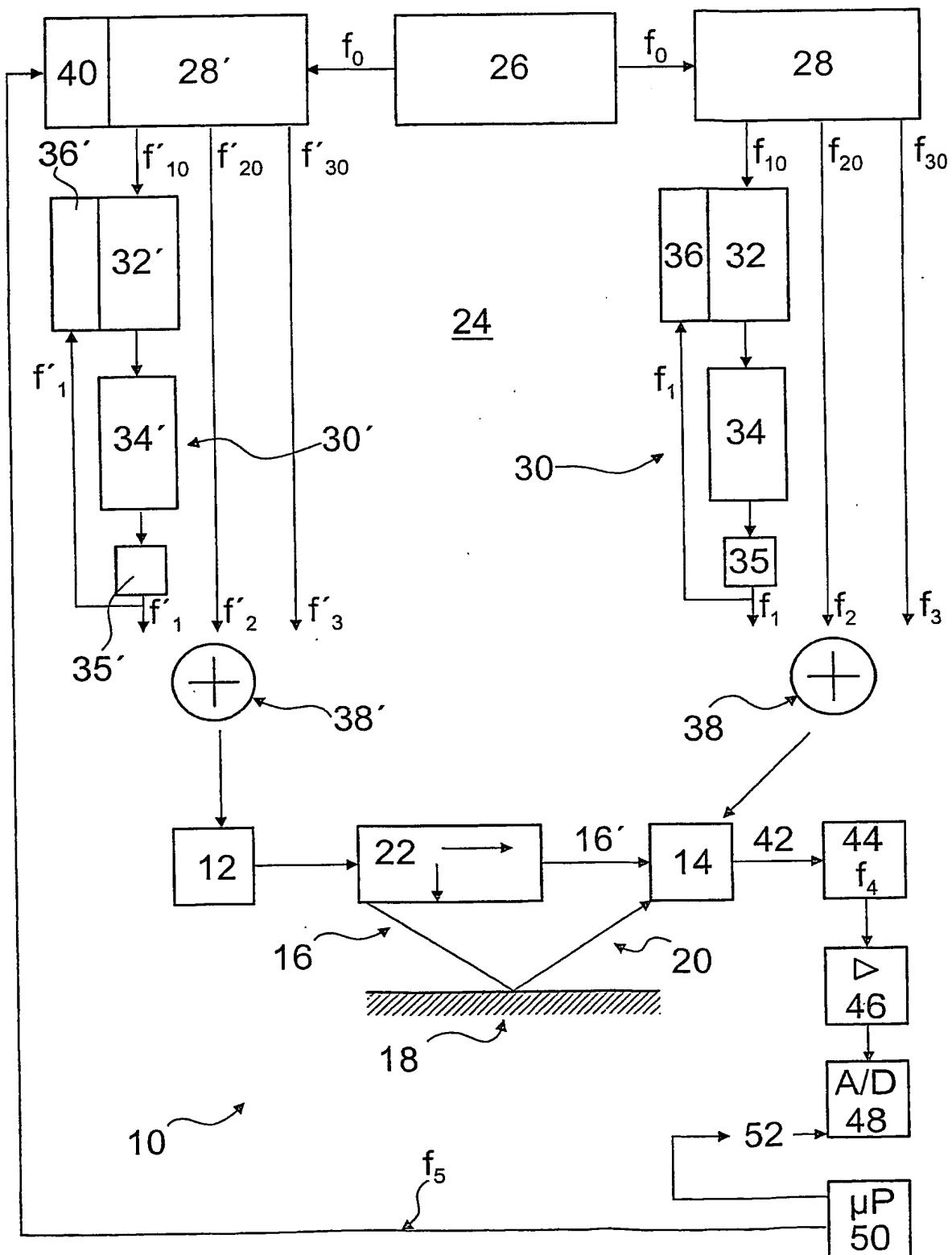


Fig. 1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 03/01686A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 G01S7/491

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|----------|--|-----------------------|
| X        | US 6 384 770 B1 (CHELOUCHE MARC ET AL)<br>7 May 2002 (2002-05-07)<br>column 8, line 33 -column 9, line 67;<br>figures 11,12<br>--- | 1-3                   |
| A        | US 5 381 694 A (GLYNN DENNIS P ET AL)<br>17 January 1995 (1995-01-17)<br>column 4, line 57 -column 5, line 36;<br>figure 2<br>---  | 4,5                   |
| X        | US 6 072 427 A (MCEWAN THOMAS E)<br>6 June 2000 (2000-06-06)<br>column 1<br>---  | 1,3                   |
| A        | US 6 104 250 A (OLOFSSON JOAKIM ET AL)<br>15 August 2000 (2000-08-15)<br>column 2 -column 4; figures<br>---                        | 1                     |
| A        | US 6 104 250 A (OLOFSSON JOAKIM ET AL)<br>15 August 2000 (2000-08-15)<br>column 2 -column 4; figures<br>---                        | 1-5                   |
|          |  | -/-                   |

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

25 September 2003

Date of mailing of the international search report

02/10/2003

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Devine, J

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/01686

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|----------|--|-----------------------|
| A        | DE 198 11 550 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>23 September 1999 (1999-09-23)<br>cited in the application<br>the whole document<br>----- | 1-5                   |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 03/01686

| Patent document cited in search report |    | Publication date |  | Patent family member(s)   |  | Publication date   |
|--|----|------------------|--|---|--|--|
| US 6384770                             | B1 | 07-05-2002       | DE<br>FR<br>GB                         | 19523693 A1<br>2754604 A1<br>2372649 A ,B   |  | 14-05-1998<br>17-04-1998<br>28-08-2002   |
| US 5381694                             | A  | 17-01-1995       |  | NONE  |  |  |
| US 6072427                             | A  | 06-06-2000       |  | NONE  |  |  |
| US 6104250                             | A  | 15-08-2000       | SE<br>AU<br>EP<br>JP<br>KR<br>SE<br>WO | 513576 C2<br>3636997 A<br>0909483 A1<br>2000513533 T<br>2000022354 A<br>9602619 A<br>9800920 A1 |  | 02-10-2000<br>21-01-1998<br>21-04-1999<br>10-10-2000<br>25-04-2000<br>20-03-1998<br>08-01-1998 |
| DE 19811550                            | A  | 23-09-1999       | DE<br>GB<br>JP                         | 19811550 A1<br>2336493 A ,B<br>11352227 A   |  | 23-09-1999<br>20-10-1999<br>24-12-1999   |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
P E 03/01686

A. KLASSEFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 GO1S7/491

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 GO1S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie° | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                     | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| X          | US 6 384 770 B1 (CHELOUCHE MARC ET AL)<br>7. Mai 2002 (2002-05-07)   | 1-3                |
| A          | Spalte 8, Zeile 33 -Spalte 9, Zeile 67;<br>Abbildungen 11,12<br>---  | 4,5                |
| X          | US 5 381 694 A (GLYNN DENNIS P ET AL)<br>17. Januar 1995 (1995-01-17)<br>Spalte 4, Zeile 57 -Spalte 5, Zeile 36;<br>Abbildung 2<br>--- | 1,3                |
| A          | US 6 072 427 A (MCEWAN THOMAS E)<br>6. Juni 2000 (2000-06-06)<br>Spalte 1<br>---   | 1                  |
| A          | US 6 104 250 A (OLOFSSON JOAKIM ET AL)<br>15. August 2000 (2000-08-15)<br>Spalte 2 -Spalte 4; Abbildungen<br>---                       | 1-5                |
|            |  | -/-                |

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung,

eine Benutzung, eine Aussicht oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem Internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfänderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfänderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

25. September 2003

02/10/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Devine, J

## INTERNATIONALES RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

DE 03/01686

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                | Betr. Anspruch Nr. |
|-----------|---|--------------------|
| A         | DE 198 11 550 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>23. September 1999 (1999-09-23)<br>in der Anmeldung erwähnt<br>das ganze Dokument<br>----- | 1-5                |

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/E 03/01686

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument |    | Datum der Veröffentlichung |       | Mitglied(er) der Patentfamilie |  | Datum der Veröffentlichung |
|---|----|----------------------------|-------|--------------------------------|--|----------------------------|
| US 6384770                                      | B1 | 07-05-2002                 | DE    | 19523693 A1                    |  | 14-05-1998                 |
|   |    |                            | FR    | 2754604 A1                     |  | 17-04-1998                 |
|   |    |                            | GB    | 2372649 A ,B                   |  | 28-08-2002                 |
| US 5381694                                      | A  | 17-01-1995                 | KEINE |                                |  |                            |
| US 6072427                                      | A  | 06-06-2000                 | KEINE |                                |  |                            |
| US 6104250                                      | A  | 15-08-2000                 | SE    | 513576 C2                      |  | 02-10-2000                 |
|   |    |                            | AU    | 3636997 A                      |  | 21-01-1998                 |
|   |    |                            | EP    | 0909483 A1                     |  | 21-04-1999                 |
|   |    |                            | JP    | 2000513533 T                   |  | 10-10-2000                 |
|   |    |                            | KR    | 2000022354 A                   |  | 25-04-2000                 |
|   |    |                            | SE    | 9602619 A                      |  | 20-03-1998                 |
|   |    |                            | WO    | 9800920 A1                     |  | 08-01-1998                 |
| DE 19811550                                     | A  | 23-09-1999                 | DE    | 19811550 A1                    |  | 23-09-1999                 |
|   |    |                            | GB    | 2336493 A ,B                   |  | 20-10-1999                 |
|   |    |                            | JP    | 11352227 A                     |  | 24-12-1999                 |